Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

# Untersuchungen über Faktoren, die das mechanische Schwitzen bedingen bzw. auslösen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Bolms
aus Hildesheim

1971

Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Schneider

# Untersuchungen über Faktoren, die das mechanische Schwitzen bedingen bzw. auslösen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Bolms
aus Hildesheim

1971

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. Dr. K. Mayer

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Tronnier
2. Berichterstatter: Professor Dr. W. Schneider

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG • Tübingen

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Untersuchungen über Faktoren, die das mechanische Schwitzen bedingen bzw. auslösen

Inhaltsübersicht


| | | Seite |
|---|---|---|
| I. | Einleitung | 2 |
| II. | Anatomische und physiologische Vorbemerkungen | 3 |
| | Anatomie der Schweißdrüsen<br>Physiologie des Schwitzens | |
| III. | Bisherige Untersuchungen | 6 |
| IV. | Methodik | 10 |
| | Beschreibung der Apparatur<br>Versuchsbedingungen<br>Beschreibung der Versuchsdurchführung | |
| V. | Eigene Untersuchungen | 17 |
| | A. Reibedauer<br>B. Reibegeschwindigkeit<br>C. Auflagedruck<br>D. Reibeansätze | |
| VI. | Diskussion der Ergebnisse | 28 |
| VII. | Zusammenfassung | 32 |
| VIII. | Literaturverzeichnis | 33 |

## I. E i n l e i t u n g

Die menschliche Haut gibt durch Diffusion und aktive Sekretion Schweiß und Wasserdampf an ihre Umgebung ab; die Höhe dieser Hautwasserabgabe zeigt ausgeprägte individuelle Unterschiede und wird durch viele physiologische Faktoren beeinflußt ( 7 ).

Untersuchungen über die Feuchtigkeitsabgabe der Haut liegen in einer sehr großen Zahl vor ( 5, 21, 27 u.a. ). Eingehend sind Zusammenhänge von Hautwasserabgabe und Wärmeregulation ( 1, 6, 9 ), ferner ihre Abhängigkeit von Körpertemperatur, Stoffwechsel und seelischen Erregungen studiert worden ( 4, 7, 20, 27 u.a. ). Auch auf die Abhängigkeit der Hautwasserabgabe von Luftfeuchtigkeit und Außentemperatur wurde wiederholt hingewiesen ( 24, 32 ).

Schwierigkeiten in der Terminologie scheinen heute weitgehend ausgeräumt. Für insensible Hautwasserabgabe und sichtbare Schweißsekretion zusammen hat sich der Oberbegriff "Hautwasserabgabe" ( HWA ) eingebürgert ( 7, 15 ).

In einer früheren Untersuchungsreihe ( 22 ), die an der Universitätshautklinik Tübingen durchgeführt wurde, war aufgefallen, daß durch eine Reibung auf der Haut deren Feuchtigkeitsabgabe zunimmt ( 23 ).

Um dieses Phänomen weiter abzuklären, wurden in der vorliegenden Arbeit Untersuchungen angestellt über Faktoren, welche dieses "mechanische Schwitzen" bedingen bzw. auslösen.

## II. Anatomische und physiologische Vorbemerkungen

### A. Anatomie:

Die Schweißdrüsen ( Glandulae sudoriferae ) sind kleine schlauchförmige, zwischen Corium und Subcutis liegende Drüsen, deren absondernder Anteil zu einem Knäuel aufgerollt ist und sich dann senkrecht in den nach oben führenden Ausführungsgang fortsetzt. Dieser durchzieht vor seiner Ausmündung in einer engen Öffnung, der Schweißdrüsenöffnung oder Schweißpore, die Epidermis mit einigen spiraligen Windungen ( 16 ).

Man unterscheidet zwei Arten von Schweißdrüsen. Die Hauptmenge sind die kleinen oder "ekkrinen", die an Zahl geringeren die großen "apokrinen" oder "merokrinen" Schweißdrüsen. Diese stoßen neben der Flüssigkeit einen Teil ihres Zelleibes ab ( Dekapitationssekretion ) und sind reichlich in der Axilla, der Genital- und Analregion vorhanden ( 2 ). Man bezeichnet sie als Duftdrüsen und hält sie für ein Überbleibsel aus der Brunstzeit des Menschen ( 16 ).

Der Mensch besitzt ca. 2,4 Millionen ekkrine Schweißdrüsen ( 3 ). Die Zahl dieser Drüsen ( insgesamt und lokal ) schwankt von Individuum zu Individuum sehr stark, sie ist vom Alter unabhängig ( 2 ).

### B. Physiologie:

#### a) Allgemeines:

Die HWA setzt sich zusammen aus der Perspiratio sensibilis und der Perspiratio insensibilis. Wird das Sekretionsprodukt der Schweißdrüsen in kondensierter Form als Tröpfchen auf der Hautoberfläche vorgefunden, so spricht man von Perspiratio sensibilis ( oder Transspiration ). Verdampft das Wasser, so daß es auf der Hautoberfläche nicht sichtbar ist, so wird das als Perspiratio insensibilis ( cutanea ) bezeichnet ( 7 ).

Die Perspiratio sensibilis, das nasse, sicht- und fühlbare Schwitzen ( 15 ), setzt mit steigender Umgebungstemperatur allmählich ein, um bei Erreichen einer bestimmten Temperatur sprunghaft anzusteigen. Die Höhe dieser Temperatur wird von den Autoren verschieden angegeben. Die Werte schwanken zwischen 29° und 34°C Umgebungstemperatur. Ausführliche Literaturangaben befinden sich bei FRÖSCHER ( 7 ).

Funktionelle Daten:

Gesamtschweißsekretion pro Tag: ca. 800 ml ( 6 ).
Dichte des Schweißdrüsensekrets: 1,002 - 1,012 ( 6 ).
Sekretionsleistung der einzelnen Schweißdrüsen:
0,003 - 0,01 mg/ Min. ( 6 )

b) Innervation:

Die ekkrinen Schweißdrüsen werden vom sympathischen Nervensystem innerviert. Die bei Erregung freiwerdende Überträgersubstanz ist jedoch Acetylcholin ( sogen. paradoxe pharmakologische Reaktion der Schweißdrüsen ).
Die Ursprungszellen der sympathischen Nervenfasern liegen in der regio intermediolateralis des Rückenmarkes ( Stilling'sche Säule ). Von hier aus bestehen Verbindungen zu Zentren der formatio reticularis des Mittelhirns, zu denen des Zwischenhirns und denen der Großhirnrinde. Die multipolaren Ganglienzellen der Stilling'schen Säule senden durch rami communicantes albi markhaltige ( praeganglionäre ) Fasern zu den Ganglien des Grenzstranges. Nach der Umschaltung im Grenzstrangganglion verlaufen in den rami communicantes grisei markarme ( postganglionäre ) Fasern, welche sich einem Spinalnerv anschließen ( 3 ).

Obwohl die Schweißdrüsen von cholinergen Fasern innerviert werden, konnte durch Adrenalin eine Steigerung der Schweißbildung hervorgerufen werden. Es kommt hierbei jedoch nicht zu einer echten, azinären Schweißsekretion, sondern nur zu einer Ausstoßung ( Expulsion ) von schon praeformiertem Sekret aus den Ausführungsgängen ( 3 ).

Durch Adrenergica werden die Myoepithelien, welche die Gänge der ekkrinen Schweißdrüsen in spiraliger Anordnung umhüllen, kontrahiert. Diese Form des Schwitzens würde allgemein bei Erregung ( Angst, Zorn ) auftreten. Die cholinergisch erfolgende Schweißbildung würde jedoch mehr im Dienst der Wärmeregulation stehen, z.B. bei überwiegendem Parasympathicotonus in der Verdauungsphase ( 3, 6 ).

c) Zusammenhänge von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitfähigkeit der Haut:

Die wesentliche Aufgabe der thermoregulatorischen HWA ist, die Körpertemperatur zu regulieren und damit zu verhindern, daß es zu einem Wärmestau im Körper kommt ( 3 ).

Die Zentren der Wärmeregulation haben eine solche Verteilung, daß sich schon allein daraus Beziehungen zwischen den Wärmeregulationszentren und den Zentren der HWA denken lassen ( 4 ). Der Schluß läge nahe, daß zwischen der Hauttemperatur und der Feuchtigkeitsabgabe ein paralleles Verhalten besteht ( 4 ). Daß dem mit Vorbehalt zu begegnen ist, haben SCHÖLMERICH und HILDEBRANDT ( 14 ) gezeigt:

Die Autoren gingen von folgender Beobachtung aus: Der gleiche zentrale Impuls bewirkt über verschiedene efferente Bahnen einmal Verminderung oder Steigerung der Hauttemperatur und ebenso Abnahme oder Zunahme der lokalen HWA. Im Stadium des Schüttelfrostes, durch Gabe von 20 E. Pyrifer erzeugt, beobachteten die Autoren eine Dissoziation beider Vorgänge. Hier kam es im Zusammenhang mit dem gesteigerten Stoffwechsel zu einer relativen Mehrdurchblutung der Peripherie, während gleichzeitig die HWA sich unabhängig von der Hauttemperatur verminderte. Diese Beobachtung wurde so gedeutet, daß in dieser Phase die Einschränkung der Wärmeabgabe weitgehend der Steigerung des Stoffwechsels "geopfert" wurde ( 14 ).

Erhöhte Raumtemperatur bedingt, sieht man von der Einwirkung externer Reize auf die Haut ab, eine erhöhte Hautdurchblutung. Gemeint ist damit der erhöhte Blutdurchstrom durch Arteriolen und Kapillaren in der Epidermis ( 9 ), welcher seinerseits wiederum Einfluß nimmt auf die Feuchtigkeitsabgabe der Haut.

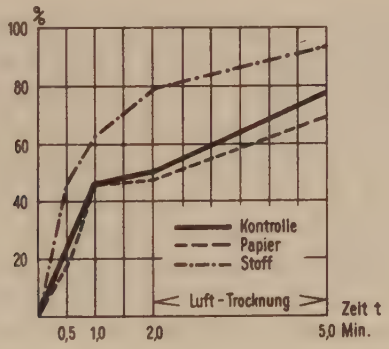
Nach den Betrachtungen von HENSEL und BENDER ( 9 ) ist der absolute Wert der Hauttemperatur als Durchblutungsmaß schlecht geeignet, da er von Wärmeübergangsbedingungen außerhalb der Meßstelle, wie Umgebungstemperatur und Innentemperatur des Körpers abhängig ist.

TRONNIER hat zusammen mit HOPPE-SEYLER ( 28 ) gezeigt, daß sich Wärmeleitzahl, Hautdurchblutung und Hauttemperatur parallel zueinander verhalten; der Autor hebt weiterhin hervor, daß mit der modifizierten Kalorimetermessung ( Messung der modifizierten Wärmeleitfähigkeit eines Hautareals ) größere Empfindlichkeitsunterschiede erfaßbar seien als das bei der alleinigen Bestimmung der Hauttemperatur möglich wäre. An anderer Stelle - bei der Besprechung der eigenen Untersuchungen - wird auf die genannten Zusammenhänge noch näher eingegangen.

## III. B i s h e r i g e  U n t e r s u c h u n g e n

Nach Durchsicht der Literatur fiel auf, daß bei einigen Untersuchungsmethoden und Fragestellungen von verschiedenen Seiten auf ein Phänomen aufmerksam gemacht wurde, das wir mit TRONNIER ( 23 ) "vibratorische Transspiration" oder hier besser "mechanisches Schwitzen" nennen wollen. Es handelt sich um einen neuen Begriff in Abänderung des bekannten Begriffs "insensible Perspiration".

TRONNIER ( 22 ) und HÖFER ( 11 ) haben sich eingehend mit den Zusammenhängen zwischen Trocknungseffekt und Hautirritation verschiedener Abtrocknungsverfahren der Haut beschäftigt. Bei einem Vergleich des Trocknungseffektes von Stoff- und Papierhandtüchern wurde eine eigentlich paradoxe Erscheinung deutlich: für die reine Lufttrocknung der Haut nämlich ergab sich ein auffallend besseres Resultat als für die Trocknung mit Papierhandtüchern. Zur Veranschaulichung sei eine nach TRONNIER umgezeichnete Tabelle angeführt:




Tab. 1: Prozentuale Trocknung ( Mittelwerte ) in Abhängigkeit von der Haut. ( 0 % = Ausgangswert vor dem Waschen, 100 % Wert unmittelbar nach dem Waschen ), ( n = 10 ).

Aus: TRONNIER, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Trocknung der Haut nach betrieblicher Reinigung. Berufsdermatosen 16, 147 (1968).

Eine mögliche Erklärung suchen die Autoren in dem stärkeren Reizeffekt, den das Papierhandtuch auf die Hautoberfläche ausübt und in der daraus resultierenden vermehrten Tätigkeit der kleinen Schweißdrüsen ( 11 ), wodurch es zu einer Zunahme des NaCl- Gehalts an den Meßstellen und damit zu einem erniedrigten elektrischen Hautwiderstand kommt.

In Analogie zu diesen Ergebnissen fand STEHLE ( 17 ) einen Anstieg des Reibungswiderstandes der Haut unter Zeit- und Druckbelastung. Auch hier wird die Ursache in der durch Reibung verursachten vermehrten Schweißsekretion gesehen.

In einer weiteren Arbeit über die Feuchtigkeitsbeeinflussung der Hautoberfläche stellt TRONNIER ( 21 ) folgendes fest: "Der mechanische Hautwiderstand ist um so größer, je feuchter die Hautoberfläche ist, Austrocknung verringert ihn deutlich."

Die in den angeführten Arbeiten ( 11, 21 bisher nur vermutete Zunahme der Transpiration durch mechanische Irritation konnte TRONNIER ( 23 ) mit Hilfe der Bestimmung der Adrenalin- Schwellenzeitwerte auf irritierter und nicht irritierter Haut positiv nachweisen. Der Autor stellt fest, daß es sich dabei um eine echte Transspirationserhöhung handelt, die durch transpirationseinschränkende Medikamente herabgesetzt wird und zwar so weit, daß die zusätzliche Vibration keine oder nur noch eine abgeschwächte Erhöhung der Transpiration bewirkt.

In einem anderen Zusammenhang weisen ZACHARIAS ( 31 ) und SCHWENKGLENKS ( 19 ) nach methodischen Untersuchungen über den Effekt von Rasierverfahren und -geräten auf Rasiernebenwirkungen bei der Trockenrasur hin. Es wird über ein Verfahren zur Messung der Durchblutungsänderung der Haut mittels der Wärmeleitzahl nach HENSEL ( 9 ) nach Anwendung von Trockenrasiergeräten berichtet ( 19 ).

Auch hier erscheint der Zusammenhang von mechanischer Irritation, Durchblutungsänderung der Haut und denkbarer Schweißabsonderung, worauf auch an anderer Stelle BETZ ( 4 ) aufmerksam macht:

In seiner Abhandlung über HWA und peripherer Durchblutung zeigt der Autor an Hand hygrometrischer und strömungskalorimetrischer Meßergebnisse, daß zwischen

Wärmedurchgang und der Feuchtigkeitsabgabe von der Haut ein paralleles Verhalten besteht. Die Ähnlichkeit im Verhalten der HWA und des Wärmedurchgangs ließ sich hier am deutlichsten bei Raumtemperaturen zwischen 15° und 20°C beobachten. Bei höheren Raumtemperaturen zeigten sich andere Verlaufsformen ( 4 ). Der Autor führt diese Erscheinung auf die Anpassung der HWA an die jeweilige Stoffwechsellage zurück.

Auch von anderer Seite wird bestätigt ( 12 ), daß die jeweilige Durchblutungsgröße eine gewichtige Rolle bei der Perspiratio insensibilis spielt. Die von dem Autor mittels einer RIVA- ROCCI- Manschette erzielte venöse Abflußbehinderung hatte eine Einschränkung der HWA zur Folge. Das umgekehrte Verhalten, nämlich gesteigerte HWA bei langdauernder venöser Abflußbehinderung ( z.B. feuchte Hände bei Vasomotorikern mit ausgesprochener Acrocyanose ) wird auf die Anhäufung von Kohlensäure im abgeschnürten Bezirk zurückgeführt, welche direkt oder indirekt erregend auf die Schweißdrüsen einwirkt ( 12 ).

Schließlich wird wiederum von anderer Seite ( 15 ) darauf hingewiesen, daß in den meisten Veröffentlichungen detaillierte Angaben über die quantitativen Beziehungen zwischen Haurdurchblutung und Größe der Wärmeabgabe fehlen. Hier wird vermutet, daß sich bei verschiedenen Menschen sehr verschiedene Werte je nach Konstitution und vegetativer Einstellung ergeben; eine Vermutung, die in der vorliegenden Arbeit weiter unten aufgegriffen wird.

An diese bisherigen Untersuchungen anknüpfend soll es Aufgabe der vorliegenden Abhandlung sein, herauszufinden, welche Faktoren für das mechanische Schwitzen möglicherweise verantwortlich sein können und wie sie durch Variation verschiedener Parameter beeinflußt und geändert werden.

## IV. Methodik

### Beschreibung der Apparatur

Zur Durchführung der Versuche wurden 2 Geräte benötigt:

1. Ein Reibegerät mit verschiedenen Reibeansätzen zur mechanischen Irritation der Haut.
2. Ein Mehrzweckgerät der Firma Femia zur Messung von
   a. HWA
   b. Hauttemperatur
   c. modifizierte Wärmeleitfähigkeit der Haut.

Die Funktion des Reibegerätes sei hier kurz erläutert: Es handelt sich um ein von TRONNIER entwickeltes Gerät, welches funktionell nur gering von einer von NAYLOR ( 13 ) angegebenen Apparatur abweicht. TRONNIER und VOLLBRECHT ( 30 ) führten mit einem ähnlichen Gerät Messungen der Trocknungsgeschwindigkeit verschiedener Alkoholkonzentrationen auf der menschlichen Haut durch. STEHLE ( 17 ) untersuchte mit dem wiederum nur geringfügig abgeänderten Gerät den Reibungswiderstand der Haut in Abhängigkeit von der Vorbehandlung.

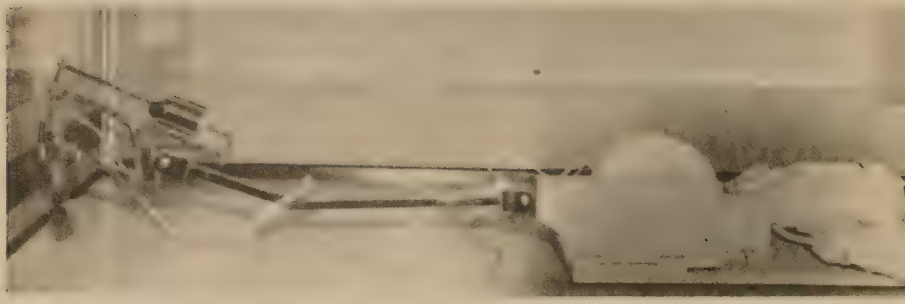


Abb. 1 Gerät zur mechanischen Irritation der Haut, der Reibearm ist ausgelegt.

Die Apparatur wird von einem Motor angetrieben. Über ein variables Getriebe, das eine stufenlose Verstellung der Reibegeschwindigkeit gestattet, wird die Kraft über ein Winkelgetriebe und von da über eine Herzscheibe auf einen Hebelarm übertragen, der die Reibevorrichtung enthält. So kann die Reibevorrichtung über ein Hautareal bewegt werden, dessen Fläche durch die konstante Wegstrecke von 35 mm und die Breite des jeweiligen Ansatzes bestimmt wird ( 17 ).

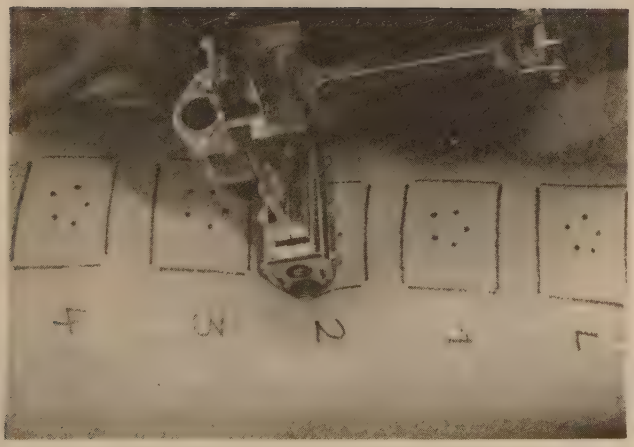


Abb. 2 Reibeansatz "Rasierkopf" und Anordnung der Testfelder auf dem Oberschenkel.

Auf die in den Feldern markierten Punkte wird der Thermofühler aufgesetzt und mittels Mittelwert die Hauttemperatur bestimmt.

Der Hebelarm kann mit verschiedenen Auflagegewichten belastet werden, er läßt sich außerdem mit unterschiedlich geformten Ansätzen versehen.

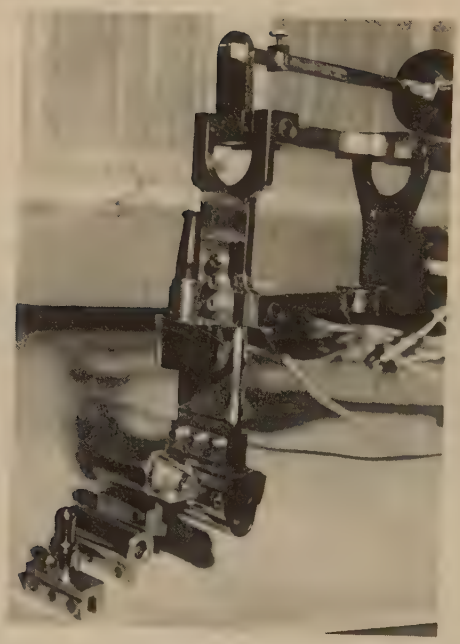


Abb. 3 Waagearm mit verschiedenen Reibeansätzen.

Die HWA wird mit dem Femiagerät ermittelt. Es handelt sich um ein Verfahren unter Verwendung von Hygrometerelementen der Firma El- Tronics ( Hersteller: El- Tronics Warren, Pennsylvania ) und beruht auf einer Änderung der elektrischen Leitfähigkeit von Halbleitern in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit ( 27 ).

Der Vorteil dieser Feuchtigkeitsmeßmethode gegenüber anderen Methoden liegt in der relativ raschen Einstellbarkeit auf Feuchtigkeitsänderungen.

Für genaue gravimetrische Messungen ist zu dieser Methode ein kompliziertes Eichungsverfahren ( 7 ) angegeben worden. Für die eigenen Untersuchungen ist eine Eichung nicht notwendig, da es hier nur auf relative Vergleichswerte ankommt und nicht auf absolute gravimetrische Meßergebnisse.

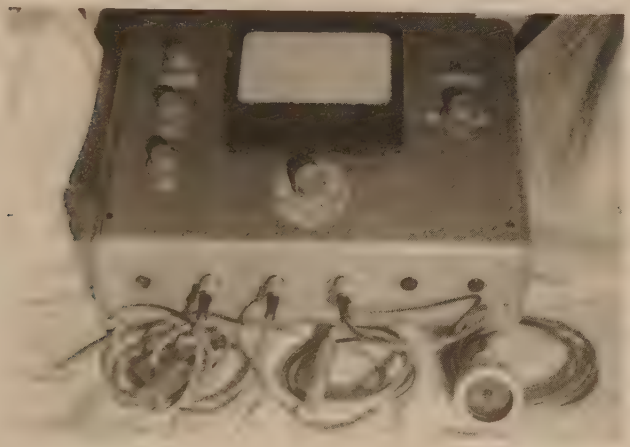


Abb. 4 Femiagerät mit den verschiedenen Anschlußkabeln bzw. -aufsätzen.

Die Hauttemperatur wird mit einem Hautthermofühler gemessen. Das Meßelement besteht aus einem Constantan-Nickel- draht, wobei sich die Elemente Constantan und Nickel bei einer Temperaturänderung unterschiedlich aufladen und eine Spannung erzeugen, die abgelesen werden kann.

Die Messung der Wärmeleitfähigkeit erfolgt so ( 28 ): Ein durch Silikonpaste mit dem Temperaturfühler verbundener Fühlkörper aus Messing von 3,5 g wird um 4°C erwärmt und die Zeit bestimmt, in der diese Erwärmung ( 25° - 29°C ) erfolgt.

Versuchsbedingungen:

Die Reibeversuche mit Messungen der HWA, Hauttemperatur und der modifizierten Wärmeleitfähigkeit werden in 4 Versuchsreihen an je 10 Versuchspersonen männlichen Geschlechts vorgenommen, wobei die Frage der tageszeitlichen Disposition außer acht gelassen wird.

Die Versuchspersonen waren während des Meßvorganges mit Turnhose und -hemd bekleidet; sie befanden sich ferner auf einer Liege in Rückenlage, weil sich diese Lage als zweckmäßig für die Durchführung der Messungen am Oberschenkel erwiesen hat. Der Oberschenkel wurde deshalb als Testobjekt gewählt, weil er ausreichend Platz bietet für Messungen an vielen Testfeldern.

Der Versuchsraum war klimatisiert. Die Raumtemperatur wurde konstant auf 30°C gehalten, die relative Luftfeuchtigkeit betrug 50 %. In Vorversuchen hatten sich diese Klimaverhältnisse als besonders geeignet für die Stimulierung einer solchen Schweißsekretion erwiesen, wie sie für die Empfindlichkeit des Femiagerätes erforderlich ist ( 7, 23 ).

Die Akklimatisationszeit betrug 15 Min., eine Zeitdauer, die auch FRÖSCHER ( 7 ) in seiner Arbeit als ausreichend erachtet hat.

Beschreibung der Versuchsdurchführung:

An der liegenden Versuchsperson werden in einem Abstand von je 1,5 cm insgesamt 5 Testfelder ( in der ersten Versuchsreihe 6 Testfelder ) auf die Streckseite eines Oberschenkels gezeichnet. Die Größe des Testfeldes beträgt 3,5 x 5 cm. Zusätzlich werden auf jedes Testfeld 5 Punkte aufgetragen, auf die der Thermofühler aufgesetzt wird. Der Mittelwert aller 5 Einzelmessungen ergibt den Wert für die Temperatur des jeweiligen Hautareals.

Rechter und linker Oberschenkel wechseln bei jedem neuen Versuchsdurchgang einander ab. Damit wird eine gewisse Streubreite der Testfelder erreicht. Zusätzlich werden bei jedem neuen Versuch die Testfelder um eins weiter verschoben und zwar in dem Sinne, wie es die folgende Skizze zeigt:

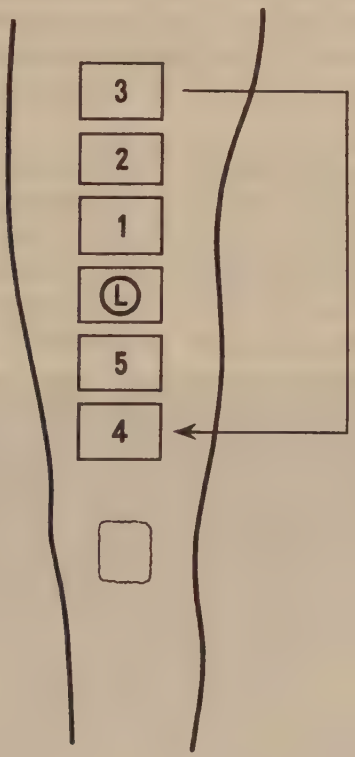



Abb. 5 Schema zur Aufteilung der Testfelder am Oberschenkel.

Dadurch wird, wie TRONNIER ( 27 ) gezeigt hat, gewährleistet, daß Differenzen von HWA und Hautdurchblutung der Seiten und der verschiedenen Testfelder ausgeschaltet sind.

Technik des Versuchsablaufes:
Nach Einklimatisation und Aufzeichnung der Testfelder erfolgt zunächst die Messung der Hauttemperatur aller Testfelder einzeln. Darauf wird die HWA und der Wärmeleitwert des Leerfeldes ermittelt. Die HWA wird 3 Min. lang gemessen. Bei der Ermittlung des Wertes für die modifizierte Wärmeleitfähigkeit stoppt man die Anzahl Sekunden, die der Skalenzeiger des Femiagerätes benötigt, um von Skalenteil 25° auf Skalenteil 29° zu steigen. Vor jeder mechanischen Reizung eines Testfeldes erfolgen immer die Messungen von HWA und Wärmeleitwert.

Nun wird die Haut mit dem Reibegerät auf verschiedene Art und Weise mechanisch gereizt. Sofort im Anschluß daran wiederum Messung der HWA mit dem Feuchtigkeitsmeßelement. Schließlich wird nochmals die Hauttemperatur gemessen sowie der Wert der Kalorimetermessung bestimmt. Die gemessenen Differenzbeträge der Werte vor und nach mechanischer Irritation werden graphisch dargestellt.

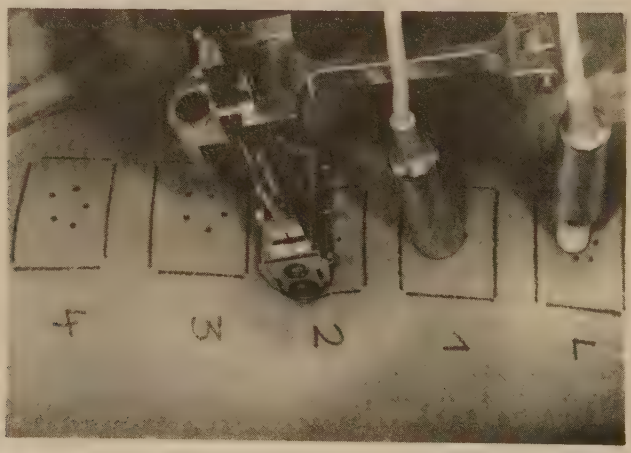


Abb. 6 Reibeaufsatz und Meßfühler in situ.

Die Oberschenkelhaut des Testfeldes wird während der mechanischen Irritation vom Versuchsleiter gespannt, damit der Reibeeffekt voll zur Wirkung kommt. Der Reibeansatz wird während des Meßvorganges durch Aufsetzen auf den "freien" Oberschenkel bei Hauttemperatur gehalten, um Fehlerquellen bei der Messung der Hauttemperatur auszuschalten.

## V. Eigene Untersuchungen.

In 4 Versuchsreihen werden an je 10 Versuchspersonen folgende Parameter auf ihre Bedeutung für die Entstehung mechanischen Schwitzens hin untersucht:

A. Reibedauer
B. Reibegeschwindigkeit
C. Auflagedruck
D. Einfluß der reibenden Ansätze

### A. Reibedauer

Zweckmäßigerweise wurde so vorgegangen, daß zunächst der Parameter "Reibedauer" und sein Einfluß auf die Feuchtigkeitsabgabe untersucht wurde. Nach Feststellung der HWA auf einem Leerfeld wurde die HWA nach einer Irritationsdauer von 30 sek., 1 Min., 2 Min., 3 Min. und 5 Min. ermittelt.

Versuchskonstanten:
Raumbedingungen: 30°C und 50% rel. Luftfeuchtigkeit.
Auflagedruck: 500 p.
Reibegeschwindigkeit: 20 Turns, d. i. 55 Hin- und Herbewegungen/ Min.
Reibeansatz: Rasierkopf ( nicht vibrierend ).
Meßdauer der HWA: 3 Min.

Aus den nachstehenden Tabellen wird ersichtlich, daß bei steigender Irritationsdauer der Wert für die Feuchtigkeitsabgabe deutlich steigt, um bei einer Reibedauer von 5 Min. wieder etwas abzufallen. Die Werte für die Hauttemperatur und die modifiz. Wärmeleitfähigkeit ändern sich nur unwesentlich. Es zeigt sich aber, daß bei länger anhaltender Reibedauer ( 2 Min., 3 Min.) der Wert für die Wärmeleitung negativ wird, d.h. also, die Wärmeleitfähigkeit der irritierten Haut ist größer als die der unbehandelten Haut.

Tab. 2: Protokoll der Versuchsergebnisse von einer einzelnen Versuchsperson der Versuchsreihe I.

Vp: Kofler, G., ♂, 23 Jahre ( li Oberschenkel )
fr., 3.7.70, $12^{00}$- $14^{00}$.

| Zeit t | HWA vorher | HWA nachher | Haut-T vorher | Haut-T nachher | mod. Wlfk vorher | mod. Wlfk nachher |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Leerfeld | 3,5 Skt | | 33,6°<br>33,7°<br>33,8°<br>33,9°<br>34,0° | | 50,5 sek | |
| 30 sek | 9,0 Skt | 10,5 Skt | 34,0°<br>34,1°<br>34,2°<br>34,5°<br>34,5° | 32,6°<br>32,6°<br>32,7°<br>33,2°<br>33,2° | 37,5 sek | 37,5 sek |
| 1 Min | 7,0 Skt | 7,0 Skt | 34,7°<br>34,7°<br>35,0°<br>35,1°<br>35,2° | 33,5°<br>33,5°<br>33,8°<br>33,7°<br>33,9° | 40,0 sek | 38,5 sek |
| 2 Min | 5,5 Skt | 6,5 Skt | 32,8°<br>32,8°<br>32,8°<br>32,8°<br>33,1° | 31,8°<br>32,0°<br>32,2°<br>32,2°<br>32,5° | 69,5 sek | 62,0 sek |
| 3 Min | 7,0 Skt | 7,5 Skt | 34,1°<br>33,8°<br>33,8°<br>33,5°<br>33,5° | 33,2°<br>33,1°<br>33,1°<br>33,0°<br>32,9° | 47,0 sek | 33,0 sek |
| 5 Min | 9,0 Skt | 10,5 Skt | 34,8°<br>34,8°<br>34,8°<br>34,5°<br>34,4° | 34,0°<br>34,0°<br>34,1°<br>33,9°<br>33,7° | 39,5 sek | 33, 5 sek |

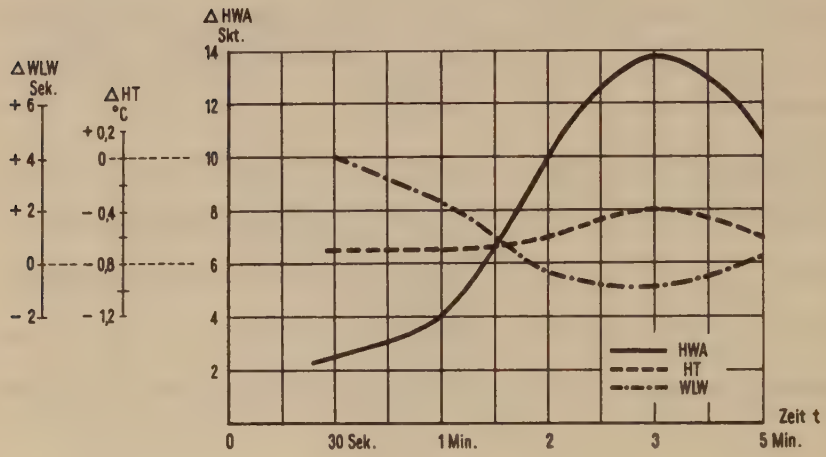
Tab. 3: Einfluß der Reibedauer auf die geprüften Nennwerte ( n = 10 ).

| Zeit t | HWA vorher | HWA nachher | Haut-T vorher | Haut-T nachher | mod. Wlfk vorher | mod. Wlfk nachher |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Leerfeld | 12,2 | | 33,2°C | | 55,1 sek | |
| 30 sek | 10,2 | 12,7 | 33,4°C | 32,7°C | 42,3 sek | 46,3 sek |
| 1 Min | 12,3 | 16,3 | 33,5°C | 32,8°C | 38,9 sek | 41,2 sek |
| 2 Min | 10,1 | 20,1 | 33,2°C | 32,6°C | 41,0 sek | 40,7 sek |
| 3 Min | 8,6 | 22,3 | 33,0°C | 32,6°C | 43,9 sek | 43,0 sek |
| 5 Min | 13,3 | 23,9 | 33,3°C | 32,7°C | 39,0 sek | 39,2 sek |

Tab. 4: Zu- bzw. Abnahme von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert unter Einfluß der Irritationsdauer.

| Zeit t | △ HWA | △Haut-T | △mod. Wlfk |
|---|---|---|---|
| 30 sek | +2,5 Skt. | -0,7°C | +4,0 sek |
| 1 Min | +4,0 Skt. | -0,7°C | +2,3 sek |
| 2 Min | +10,0 Skt. | -0,6°C | -0,3 sek |
| 3 Min | +13,7 Skt. | -0,4°C | -0,9 sek |
| 5 Min | +10,6 Skt. | -0,6°C | +0,2 sek |

Tab. 5: Graphische Darstellung der Änderung von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert unter zeitlicher Belastung.

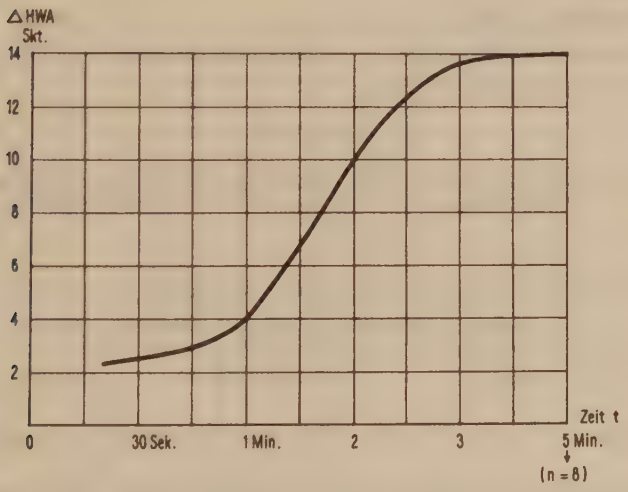



Zu dem aus Tab. 5 ersichtlichen Abfall des HWA- wertes bei 5 Min. Irritationsdauer wird festgestellt: In der Versuchsreihe I wurde bei zwei Versuchspersonen ein fehlender Rückgang des HWA- Skalenzeigers vor Reibebeginn am Femiagerät beobachtet. Diese Beobachtung findet wohl ihre Erklärung in der Tatsache, daß das Testfeld für Reibedauer 3 Min. neben dem für Reibedauer 5 Min. placiert war, so daß hier möglicherweise eine Art Fernwirkung der HWA von einem Testfeld zum anderen, noch nicht irritierten Testfeld bestanden hat.
Klammert man diese zwei Fälle aus, so ergibt sich für das Verhalten der HWA in Abhängigkeit von der Reibedauer ein anderes Bild:

Tab. 6: Einfluß der Reibedauer auf die Änderung der Feuchtigkeitsabgabe ( n = 10, nur bei 5 Min. n = 8 ).

| Zeit t | △ HWA |
|---|---|
| 30 sek | + 2,5 Skt. |
| 1 Min | + 4,0 Skt. |
| 2 Min | + 10,0 Skt. |
| 3 Min | + 13,7 Skt. |
| 5 Min | + 14,0 Skt. |

Tab. 7: Graphische Darstellung der Änderung von HWA in Abhängigkeit von der Reibedauer ( n = 10, bei 5 Min. Reibedauer n = 8 ).




So betrachtet, zeigt sich, daß bei einer Irritationsdauer von 5 Min. kein Abfall des HWA- wertes zu beobachten ist, wohl aber offenbar ein Sättigungsgrad in der durch Irritation zu erreichenden HWA.

B. Reibegeschwindigkeit

Aus Versuchsreihe I wird ersichtlich, daß bei einer Reibedauer von 3 bzw. 5 Min. ein maximaler Feuchtigkeitsabgabewert auftritt. Um den Einfluß des Parameters "Reibegeschwindigkeit" auf die HWA zu untersuchen, wurde eine Reibedauer von 3 Min. als Fixum gewählt, da eine 5 Min. dauernde Irritation in 3 Fällen zu einer Hautrötung geführt hatte.

Bei gleichem Auflagedruck, Reibedauer und gleichem Ansatz wird die Reibefrequenz wie folgt variiert:

5 Turns entsprechend 6 Hin- und Herbewegungen/Min.
10 Turns " 20 Hin- und Herbewegungen/Min.
15 Turns " 34 Hin- und Herbewegungen/Min.
20 Turns " 55 Hin- und Herbewegungen/Min.

Versuchskonstanten:
Raumbedingungen: 30°C und 50% rel. Luftfeuchtigkeit.
Auflagedruck: 500 p.
Reibedauer: 3 Min.
Reibeansatz: Rasierkopf ( nicht vibrierend ).
Meßdauer der HWA: 3 Min.

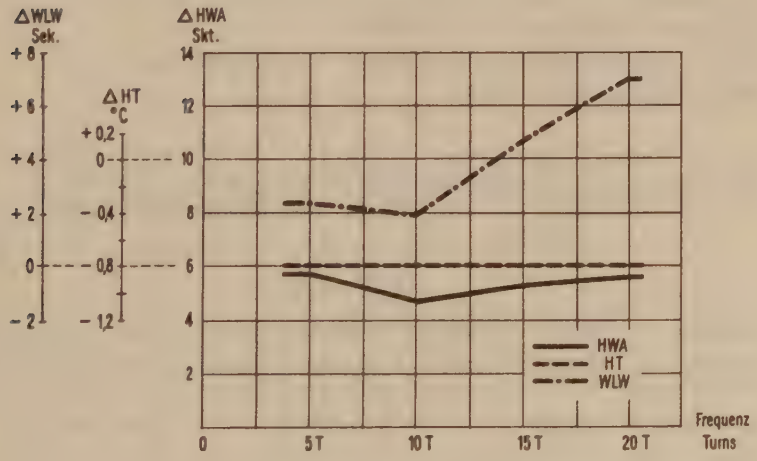
Tab. 8: Einfluß der Reibefrequenz auf die geprüften Nennwerte ( n = 10 ). HWA in Skalenteilen.

| Frequenz | HWA vorher | HWA nachher | Haut-T vorher | Haut-T nachher | mod. Wlfk vorher | mod. Wlf nachher |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Leerfeld | 21,3 | | 33,0°C | | 60,2 sek | |
| 5 Turns | 21,8 | 27,5 | 33,1°C | 32,3°C | 47,9 sek | 50,3 sek |
| 10 Turns | 21,9 | 26,6 | 33,3°C | 32,5°C | 43,8 sek | 45,7 sek |
| 15 Turns | 24,9 | 30,2 | 33,2°C | 32,4°C | 37,8 sek | 42,5 sek |
| 20 Turns | 23,3 | 28,9 | 33,3°C | 32,5°C | 36,6 sek | 43,6 sek |

Tab. 9: Zu- bzw. Abnahme von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert unter Einfluß der Reibefrequenz.

| Frequenz | △ HWA | △ Haut-T | △ mod. Wlfk |
|---|---|---|---|
| 5 Turns | + 5,7 Skt. | - 0,8°C | + 2,4 sek |
| 10 Turns | + 4,7 Skt. | - 0,8°C | + 1,9 sek |
| 15 Turns | + 5,3 Skt. | - 0,8°C | + 4,7 sek |
| 20 Turns | + 5,6 Skt. | - 0,8°C | + 7,0 sek |

Tab. 10: Graphische Darstellung der Änderung von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert in Abhängigkeit von der Reibefrequenz.




Es wird deutlich, daß HWA und Hauttemperatur nahezu unverändert bleiben, während die Zeitdauer des Wärmeleitwertes bei steigender Frequenz der Hautirritation zunimmt.

C. Auflagedruck

4 Skalenunterteilungen sind durch Striche an der Gewichtsschiene des schon beschriebenen Reibegerätes gekennzeichnet. Sie entsprechen einem Auflagedruck von jeweils

250 p.
500 p.
750 p.
1000 p.

Das Gewicht gewährleistet nur dann einen der Skalenunterteilung exakt entsprechenden Auflagedruck, wenn die Gewichtsschiene waagerecht zur Reibefläche steht. Dieser Tatsache wird besondere Beachtung zuteil.

Versuchskonstanten:
Raumbedingungen: 30°C und 50% rel. Luftfeuchtigkeit.
Reibedauer: 3 Min.
Reibegeschwindigkeit: 20 Turns
Reibeansatz: Rasierkopf ( nicht vibrierend ).
Meßdauer der HWA: 3 Min.

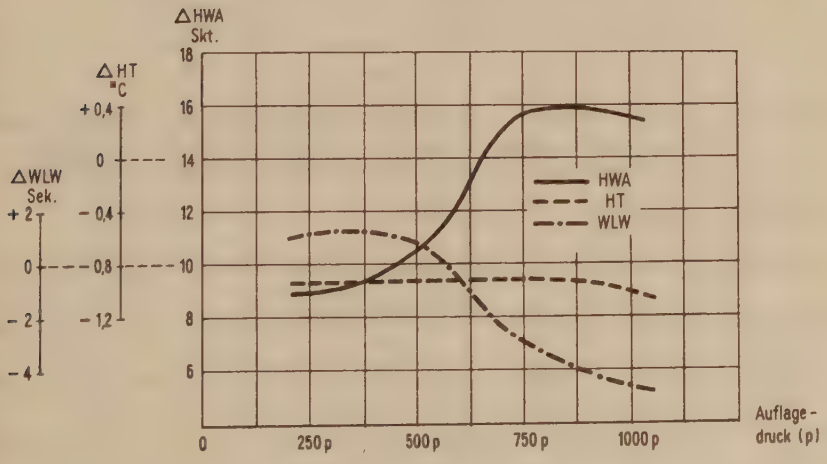
Tab. 11: Einfluß des Auflagedrucks auf die geprüften Nennwerte ( n = 10 ). HWA in Skalenteilen.

| Auflage-druck | HWA vorher | HWA nachher | Haut-T vorher | Haut-T nachher | mod. Wlfk vorher | mod. Wlfk nachher |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Leerfeld | 9,2 | | 33,3°C | | 54,0 sek | |
| 250 p | 8,3 | 17,2 | 33,6°C | 32,7°C | 46,5 sek | 47,6 sek |
| 500 p | 19,4 | 29,9 | 33,7°C | 32,8°C | 45,7 sek | 46,5 sek |
| 750 p | 20,1 | 35,8 | 33,5°C | 32,6°C | 45,9 sek | 43,0 sek |
| 1000 p | 30,0 | 45,6 | 33,6°C | 32,6°C | 41,1 sek | 36,5 sek |

Tab. 12: Zu- bzw. Abnahme von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert unter Einfluß des Auflagedrucks.

| Auflage-druck | Δ HWA | Δ Haut-T | Δ mod. Wlfk |
|---|---|---|---|
| 250 p | + 8,9 Skt. | - 0,9°C | + 1,1 sek |
| 500 p | + 10,5 Skt. | - 0,9°C | + 0,8 sek |
| 750 p | + 15,7 Skt. | - 0,9°C | - 2,9 sek |
| 1000 p | + 15,6 Skt. | - 1,0°C | - 4,6 sek |

Tab. 13: Graphische Darstellung der Änderung von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert in Abhängigkeit von dem Auflagedruck.




Zunehmender Auflagedruck läßt nach den vorstehenden Ergebnissen die HWA ansteigen. Bei Erhöhung des Auflagedruckes von 750 p auf 1000 p läßt sich keine vermehrte HWA beobachten. Der Wert für die Hauttemperatur bleibt nahezu gleich. Der Wärmeleitwert in Sekunden wird unter zunehmender Druckbelastung geringer.

D. Der Einfluß reibender Ansätze

Neben dem bisher verwendeten Rasieransatz werden auch andere Ansätze verschiedener Art unter gleichen Bedingungen aufgesetzt. Es wurden untersucht

a. Rasieransatz ( zum Vergleich ).
b. Ansatz walzenförmig, Durchmesser 15 mm.
c. Ansatz walzenförmig, Durchmesser 9 mm.
d. Ansatz kugelförmig, Durchmesser 18 mm.

Versuchskonstanten:
Raumbedingungen: 30°C und 50% rel. Luftfeuchtigkeit.
Auflagedruck: 750 p.
Reibedauer: 3 Min.
Reibegeschwindigkeit: 20 Turns.
Meßdauer der HWA: 3 Min.

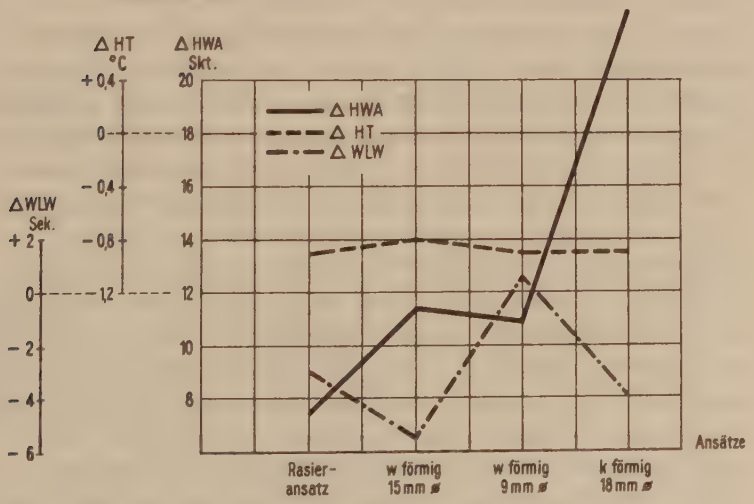
Tab. 14: Einfluß verschiedenartiger Ansätze auf die geprüften Nennwerte ( n = 10 ). HWA in Skalenteilen.

| Ansätze | HWA vorher | HWA nachher | Haut-T vorher | Haut-T nachher | mod. Wlfk vorher | mod. Wlfk nachher |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Leerfeld | 13,9 | | 33,5°C | | 53,8 sek | |
| Rasierans. | 12,5 | 19,9 | 33,7°C | 32,8°C | 48,4 sek | 45,4 sek |
| walzenf. 15 mm | 13,6 | 25,0 | 33,7°C | 32,9°C | 43,8 sek | 38,2 sek |
| walzenf. 9 mm | 15,3 | 26,2 | 33,7°C | 32,8°C | 36,2 sek | 36,8 sek |
| kugelf. 18 mm | 24,2 | 46,8 | 33,9°C | 33,0°C | 33,8 sek | 29,8 sek |

Tab. 15: Zu- bzw. Abnahme von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert unter Einfluß verschiedener Reibeansätze.

| Ansätze | Δ HWA | Δ Haut-T | Δ mod. Wlfk |
|---|---|---|---|
| Rasier-ansatz | + 7,4 Skt. | - 0,9°C | - 3,0 sek |
| walzenf. 15 mm | + 11,4 Skt. | - 0,8°C | - 5,6 sek |
| walzenf. 9 mm | + 10,9 Skt. | - 0,9°C | + 0,6 sek |
| kugelf. 18 mm | + 22,6 Skt. | - 0,9°C | - 4,0 sek |

Tab. 16: Graphische Darstellung der Änderung von HWA, Hauttemperatur und Wärmeleitwert in Abhängigkeit von verschiedenartig geformten Reibeansätzen.




Der Rasieransatz bewirkt verhältnismäßig nur einen geringen Anstieg des HWA-wertes; die walzenförmigen Ansätze erhöhen diesen Wert, während der kugelförmige Ansatz einen sehr hohen Feuchtigkeitsabgabewert bewirkt; die Hauttemperatur ändert sich kaum. Sehr unterschiedliche Werte werden für die Wärmeleitfähigkeit der irritierten Hautareale gefunden.

## VI. Diskussion der Ergebnisse.

Zweck der vorliegenden Untersuchungen ist es, eventuelle Zusammenhänge zwischen mechanischer Irritation der Haut und Hautwasserabgabe unter spezieller Berücksichtigung bestimmter Irritationsfaktoren festzustallen. Nachdem mehrfach Veröffentlichungen der Tübinger Hautklinik ( 11, 17, 19, 21, 23 ) auf eine mechanische Beeinflussung der Schweißdrüsen hingewiesen haben, lag es nahe, das Phänomen "mechanisches Schwitzen" näher zu untersuchen; mittels einer schon beschriebenen Versuchsanordnung wurden die Faktoren Reibedauer, Reibegeschwindigkeit, Auflagedruck und verschiedene Reibeansätze auf ihre Bedeutung für die Entstehung mechanischen Schwitzens hin untersucht. Die dabei gefundenen Versuchsergebnisse sollen nunmehr näher erläutert werden:

Aus den Untersuchungen wird deutlich, daß zunehmende Irritationsdauer und steigender Auflagedruck offenbar zu einer Erhöhung der HWA führen. Spezifiziert gesehen ergibt sich, daß ein Maximum der Feuchtigkeitsabgabe bei einer Reibedauer von 3 bzw. 5 Min. erreicht wird, eine Erhöhung des Auflagedrucks von 500 auf 750 p führt ebenfalls zu einer maximalen HWA; bei einer weiteren Steigerung auf 1000 p bleibt die HWA gleich. Im Rahmen unserer Ergebnisse zeigt sich weiterhin, daß Frequenzsteigerung offenbar keinen Einfluß auf das mechanische Schwitzen hat. Man darf mit TRONNIER ( 23 ) annehmen, daß es sich beim Schwitzen infolge mechanischer Irritation um eine echte Transpiration handelt, da sie mit den üblichen transpirationseinschränkenden Mitteln herabgesetzt werden kann. Die Untersuchung der Wirkung verschiedener Reibeansätze auf die HWA zeigt, daß der kugelförmige Ansatz einen hervorstechenden Schwitzeffekt aufweist; insofern sind die Ergebnisse von Versuchsreihe III ( Auflagedruck ) bestätigt, da das Auflagegewicht bei Reibung mit dem kleinen, kugelförmigen Ansatz auf eine kleinere Fläche einwirkt als

beim Rasieransatz, der mit breiter Fläche über die Haut reibt.

Diese Beobachtung deckt sich mit der STEHLES ( 17 ), die bei Hautwiderstandsmessungen ebenfalls fand, daß die lokale Schweißsekretion bei der eher punktförmigen Belastung höher ist als bei der flächenhaften. Wenn hohe punktförmige Belastung zu feuchter Hautoberfläche führt und damit zu einem erhöhten Hautwiderstand, so sind hier ebenfalls die Beobachtungen TRONNIERS ( 21 ) bestätigt.

Die Frage, wie das Entstehen einer mechanischen Transspiration anatomisch- physiologisch zu erklären ist, wird in der Literatur nicht näher behandelt. In anderem Zusammenhang wird von MOOG ( 12 ) angenommen, daß bei Reizen, die auf begrenzte Hautpartien einwirken, die Funktion der Schweißdrüsen auf reflektorischem Wege beeinflußt wird. Es scheint aber auch denkbar, daß Reibungseffekte lediglich zu einer Expulsion von Schweißexsudat führen, welches schon vor der Irritation in den Knäueldrüsen vorhanden war. Diskutiert wird weiterhin eine Myoepithelienkomponente ( 18 ), von anderer Seite ( 4 ) wiederum wird vermutet, daß möglicherweise ein wechselnder Wassergehalt des Kapillarblutes den Schweißdrüsen zur Verfügung gestellt wird.

In der vorliegenden Arbeit wurden neben der HWA auch die Hauttemperatur und die Hautdurchblutung ( Wärmeleitfähigkeit ) in die Untersuchungen miteinbezogen. Bei allen vier Versuchsreihen zeigt sich, daß nach mechanischer Irritation die Hauttemperatur um 0,8° bis 0,9°C abfällt. Dieses Ergebnis, welches eigentlich nicht zu erwarten war, läßt sich aus dem Versuchsablauf erklären: Im Anschluß an die mechanische Reizung der Haut mit dem Reibegerät wurden sofort HWA und Wärmeleitwert gemessen, erst dann erfolgte die Messung der Hauttemperatur. Es ist nun denkbar, daß die aus Metall bestehenden Meßfühler für HWA- und Kalorimetriebestimmung der Haut während des Meßvorgangs Wärme entzogen und somit zu einer Erniedrigung der Hauttemperatur geführt haben.

Wenn nach Ansicht einiger Autoren ( 1, 9 u.a. ) die Hauttemperatur, so sehr sie auch von äußeren Klimabedingungen und inneren Wärmetransportbedingungen mitbeeinflußt wird, kein Maß für die Größe der Durchblutung ist, welche fast immer mit der Perspiration im Zusammenhang gesehen wird, so dürfte der Durchblutung auch kein großer kausalgenetischer Wert für die Entstehung mechanischen Schwitzens zukommen. Insofern ist der technische Mangel in der Reihenfolge der Messungen nicht über Gebühr zu bewerten.

Von anderer Seite ( 7 ) wird diese Behauptung bestätigt mit der Bemerkung, daß die periphere Durchblutung die Höhe der perspiratio insensibilis zwar beeinflussen kann, daß dieser Effekt jedoch nicht durch eine Änderung der Hauttemperatur zustande kommt.

Die Messungen der Wärmeleitfähigkeit mechanisch irritierter Hautareale ergaben sehr unterschiedliche Ergebnisse. Erhöhte Reibedauer und stärkerer Auflagedruck zeigten eine Erniedrigung des Zeitwertes für die Wärmeleitung, Frequenzsteigerung ergab einen Anstieg des Zeitwertes, während die Variation der Reibeansätze keine einheitlichen Werte ergab. Ferner zeigte sich, daß auch bei den einzelnen Versuchspersonen unter gleichen Bedingungen sehr unterschiedliche Sekundenwerte der Kalorimetrie zu beobachten waren.

Es gilt als sicher, daß emotionelle Momente die Meßergebnisse beeinflussen ( 3 ); SCHÖLMERICH und HILDEBRANDT ( 14 ) haben gezeigt, daß gleiche äußere Reize verschiedene Sekretionsimpulse auslösen und daß bei gleicher Sekretionsbereitschaft dennoch rhythmische Änderungen der peripheren Durchblutung zu beobachten waren. Nur so lassen sich auch die unterschiedlichen Wärmeleitungswerte der vorliegenden Untersuchungen erklären.

Bei kritischer Beurteilung der Meßergebnisse aller Versuchsreihen muß schließlich bemerkt werden, daß mitunter

schwerwiegende Unsicherheitsfaktoren von Seiten der Versuchspersonen bestehen

a) in der individuell unterschiedlichen Schweißsekretion bei derselben Temperatur ( 7 ).
b) in der unterschiedlichen HWA bei demselben Patienten an derselben Hautstelle von Minute zu Minute, von Tag zu Tag ( 7 ).

Die Versuchsreihen sind vorwiegend mit einem nicht vibrierenden Rasierkopf als Reibeansatz durchgeführt worden. Abschließend seien deshalb einige praktische Gesichtspunkte angeführt:

Bei dem Rasiervorgang schlechthin werden teils Hautverletzungen gefunden, teils nicht ( 19, 25, 31 ). Für diese Erscheinung finden sich keine plausiblen anatomischen Grundlagen. Da nun nach den eigenen Untersuchungen mechanische Hautirritation die Schweißabgabe erhöht, diese ihrerseits wiederum den Hautwiderstand und damit die Verletzungsquote erhöht, dürfte hiermit eine mögliche Erklärung für Rasiernebenwirkungen gefunden sein. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß mechanische Irritation der Haut eine Gefäßbeteiligung zwar bewirkt, nicht aber eine solche, die das Schwitzen erklärt. Nicht so sehr das Schergitter ( Reibefrequenz, Bürsteffekt ) spielt eine Rolle für das Auftreten von Verletzungen, sondern Unterschiede im Andruck des Rasierkopfes und Variation der Rasierdauer sind es, welche eine echte Mehrtranspiration bewirken. Die Rasiergeräte, die schnell und ohne Druck arbeiten, dürften geeignet sein, Verletzungen eher zu vermeiden.

## VII. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurden in vier Versuchsreihen an je 10 Versuchspersonen mit einem geeigneten Gerät Reibeversuche an der Oberschenkelhaut vorgenommen, um den Einfluß verschiedener Faktoren auf das "mechanische Schwitzen" zu untersuchen. Variiert wurden Reibedauer, Reibegeschwindigkeit, Auflagedruck und Reibeansätze. Kurz zusammengefaßt ergab sich dabei folgendes:

1. Eine Erhöhung der Reibedauer sowie des Auflagedrucks führen unter sonst gleichen Bedingungen zu einem Anstieg der HWA auf dem mechanisch irritierten Hautareal. Ein Maximum der Feuchtigkeitsabgabe wird bei 3 bzw. 5 Min. Reibedauer und bei 750 p Auflagedruck erreicht.

2. Steigerung der Reibefrequenz hat keinen Einfluß auf das mechanische Schwitzen.

3. Ein kleiner, kugelförmiger Reibeansatz wirkt schweißtreibender als ein großflächiger Rasierkopf.

4. Die Reihenfolge der Messungen im Anschluß an die mechanische Irritation der Haut ( erst Messung der HWA, danach Wärmeleitwertbestimmung, erst dann Messung der Hauttemperatur ) bewirkt, daß die Hauttemperatur um $0{,}8^{\circ}$ bis $0{,}9^{\circ}$C auf dem irritierten Hautareal abfällt. Der Grund für diese Erscheinung liegt offenbar darin, daß die aus Metall bestehenden Meßfühler für HWA- und Kalorimetriebestimmung während des Meßvorganges der Haut Wärme entzogen haben.

5. Unterschiedliche Ergebnisse ergaben die Messungen des Wärmeleitwertes der irritierten Hautbezirke. Wir folgern daraus, daß die mechanische Irritation der Haut zwar eine Gefäßbeteiligung hervorruft, nicht aber eine solche, die das Schwitzen erklärt.

6. Abschließend wird auf einen praktischen Gesichtspunkt hingewiesen, daß schnell und ohne Druck arbeitende Rasiergeräte geeignet sein dürften, Rasiernebenwirkungen zu vermeiden.

## VIII. Literaturverzeichnis.


1 ASCHOFF, J.: Hauttemperatur und Hautdurchblutung im Dienste der Temperaturregulation. Klin. Wschr. 36, 193 (1958).

2 BECKER, V.: Funktionelle Morphologie der Schweißdrüsen. Fortschr. Med. 82. Jg., Nr. 23, 901 (1964).

3 BERGER, W.: Transpirationsmessung mit einer neuen gravimetrischen Methode. Inaug.- Dissertation, Tübingen 1967.

4 BETZ, E.: Hautwasserabgabe und periphere Durchblutung. Arch. physik. Therapie 7, 312 (1955).

5 BRUN, R.: Untersuchungen über die Schweißsekretion. Parfümerie und Kosmetik Nr. 12 (1958).

6 FIEDLER, H.: Der Schweiß. Editio Cantor, Aulendorf/Wttbg. 2. Auflage 1968.

7 FRÖSCHER, W.: Perspiratio insensibilis und Perspiratio sensibilis beim Gesunden, bei verschiedenen Hautkrankheiten und unter externer und interner Therapie. Inaug.- Dissertation, Tübingen 1967.

8 GREITHER, A., HAENSCH, R. und IPPEN, H.: Papier- und Stoffhandtuch im Wasch- und Abtrocknungsversuch. Berufsdermatosen 14, 57- 71, (1966).

9 HENSEL, H. und BENDER, F.: Fortlaufende Bestimmung der Hautdurchblutung am Menschen mit einem elektrischen Wärmeleitmesser. Pflügers Archiv 263, 603 (1956).

10 HILDEBRANDT, G. und SCHÜLMERICH, P.: Über die Hautwasserabgabe und den Verlauf der Hauttemperaturen verschiedener Körperregionen im Zusammenhang mit der Wärmeregulation. Zschr. exper. Med. 115, 570 (1950).

11 HÖFER, J.: Über den Zusammenhang zwischen Trocknungseffekt und Hautirritation verschiedener Abtrocknungsverfahren der Haut ( Stoff- und Papierhandtücher ). Inaug.- Dissertation, Tübingen 1968.

12 MOOG, O.: Die Bedeutung des Zustandes der Haut für die unmerkliche Hautwasserabgabe. Zschr. exper. Med. 42, 449 (1924).

13 NAYLOR, P.F.D.: Brit. J. Derm. 67, 239 (1955).

14 SCHÜLMERICH, P. und HILDEBRANDT, G.: Über Mechanismen und Regulation der Hautwasserabgabe. Zschr. exper. Med. 117, 17 (1951).

15 SCHÜLMERICH, P. und HILDEBRANDT, G.: Über Probleme der Hautwasserabgabe und Methoden ihrer Bestimmung. Zschr. exper. Med. 115, 558 (1950).

16 SCHÖNFELD, W. und SCHREINER, W.: Lehrbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Georg Thieme- Verlag Stuttgart, 9. Auflage 1965.

17 STEHLE, S.: Über den Reibungswiderstand der Haut in Abhängigkeit von der Vorbehandlung. Inaug.- Dissertation, Tübingen 1970.

18 STÜTTGEN, G.: Die normale und pathologische Physiologie der Haut. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1965.

19 SCHWENKGLENKS, V.: Methodische Untersuchungen über den Effekt von Rasierverfahren und -geräten. Inaug.- Dissertation, Tübingen 1969.

20 SCHWENKENBECHER, A.: Die insensible Schweißabsonderung.
Klin. Wschr. Nr. 5, 202 (1925).

21 TRONNIER, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Feuchtigkeitsbeeinflussung der Hautoberfläche.
Aesth. Med., 10. Jg., 6, 187 (1961).

22 TRONNIER, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Trocknung der Haut nach betrieblicher Reinigung.
Berufsdermatosen 16, 147 (1968).

23 TRONNIER, H.: Vibratorische Transpiration.
Vortrag anlässlich der Tagung der GKC in Göttingen vom 7.5. - 9.5.1970.

24 TRONNIER, H.: Zur Perspiratio und ihrer Bedeutung.
Med. Welt Nr. 34, 1765 (1964).

25 TRONNIER, H.: Zur Prüfung des Effektes von Rasierhilfsmitteln.
Aesth. Med., 9. Jg., 8, 241 (1960).

26 TRONNIER, H. und BERGER, W.: Experimentelle Untersuchungen zur therapeutischen Beeinflussung der Transpiration.
Der Hautarzt 19, Heft 4, 172 (1968).

27 TRONNIER, H., BUSSIUS, H. und VOLLBRECHT, I.: Über die Messung der Feuchtigkeitsabgabe der menschlichen Haut.
Parfümerie und Kosmetik 42, 13 (1961).

28 TRONNIER, H. und HOPPE-SEYLER, G.: Zur kombinierten Anwendung physikalisch- chemischer und physikalischer Meßverfahren an der Haut.
Aesth. Med., 14. Jg., 9, 254 (1965).

29 TRONNIER, H. und KWOCZEK, J.: Experimentell- praktischer Beitrag zum Problem der Transpirationseinschränkung und des Korrosionsschutzes im Betrieb.
Berufsdermatosen 17, 57 (1969).

30 TRONNIER, H. und VOLLBRECHT, I.: Zur Frage der Trocknungsgeschwindigkeit verschiedener Alkoholkonzentrationen auf der menschlichen Haut.
Zschr. Haut- und Geschlechtskrankheiten 30, Heft 8, 242 (1961).

31 ZACHARIAS, S.: Ist elektrisches Rasieren ein Fortschritt?
Inn. Med., Kosmetik 5, 137 (1956).

32 ZÖLLNER, G., THAUER, R. und KAUFMANN, W.: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltsbedingungen. Der Wasserdampfdruck der Hautoberfläche und die Wasserdurchgangszahl der Haut in Abhängigkeit von Temperatur und Wasserdampfdruck der umgebenden Luft im thermoindifferenten Bereich.
Pflügers Archiv Physiol. 261, 189 (1955).

Herrn Professor Dr. W. Schneider danke ich dafür, daß ich die Arbeit in seiner Klinik durchführen konnte.

Herrn Professor Dr. H. Tronnier danke ich für die Überlassung des Themas und für die Anregungen und die Unterstützung bei allen Fragen, die während der Durchführung der Versuche zu klären waren.

L e b e n s l a u f.

Am 19. Dezember 1944 wurde ich, Gerhard Bolms, als Sohn des damaligen Stabsarztes Dr. med. Karl Bolms und seiner Ehefrau Ruth, geb. Brinkmann, in Hildesheim geboren.

Dort besuchte ich ab Ostern 1951 die Grundschule und später das humanistische Gymnasium Andreanum, an dem ich im Februar 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1964 begann ich in Tübingen mit dem Studium der Zahnheilkunde.

Hier bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung am 25. April 1967. Auch das klinische Studium setzte ich in Tübingen fort. Am 17. Dezember 1969 bestand ich das Staatsexamen und erhielt meine Approbation.

Seit 1. Januar 1970 bin ich berufstätig und war zunächst 14 Monate als Assistenzzahnarzt in einer Praxis in Kirchberg/Jagst beschäftigt.

Seit 1. März 1971 arbeite ich wiederum als Assistent in einer Zahnarztpraxis in Pforzheim.